

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-073812

(43)Date of publication of application : 12.03.2003

(51)Int.Cl. C23C 14/28

(21)Application number : 2001-258332

(71)Applicant : YAMAMOTO MASAKI
MITSUBISHI PRECISION CO
LTD

(22)Date of filing : 28.08.2001

(72)Inventor : YAMAMOTO MASAKI
SATO NORIO
TAKAGI HIROSHI

(54) LASER ABLATION DEVICE

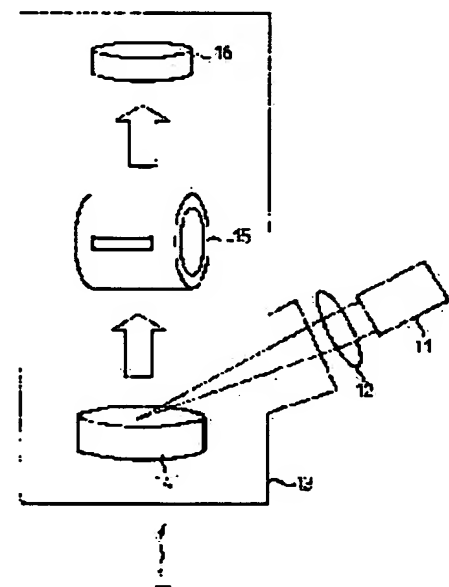
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser ablation device for uniformizing sizes of fine particles, which are adhering to the surface of a substrate.

SOLUTION: This laser ablation device filtrates fine plasma particles generated by irradiating a target 14 with a laser 11 by using a rotating cylinder having a duct which connects an opening to an opening, and makes particles having only predetermined sizes selectively adhere to the substrate 16 and form a thin film. Particularly, when the openings are formed at symmetric positions with respect to the rotation center of the hollow cylinder, the device can selectively pass fine particles of only small sizes, without rotating the rotation cylinder at a high speed, because the two openings move mutually in a reverse direction.

図1

図1の発明に係るアブレーション装置の概略図



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision
of rejection][Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-73812
(P2003-73812A)

(43) 公開日 平成15年3月12日 (2003.3.12)

(51) Int.Cl.

C 2 3 C 14/28

識別記号

F I

C 2 3 C 14/28

テーマコード(参考)

4 K 0 2 9

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-258332(P2001-258332)

(22) 出願日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(71) 出願人 592036450

山本 正樹

宮城県仙台市青葉区中江2丁目15-1-206

(71) 出願人 000176730

三菱プレシジョン株式会社

東京都港区三田3丁目13番16号

(72) 発明者 山本 正樹

宮城県仙台市青葉区中江2丁目15番1-206号

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザアブレーション装置

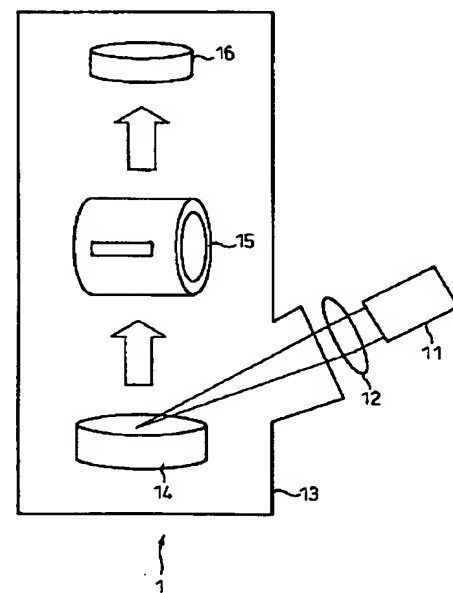
(57) 【要約】

【課題】 基板表面に付着する微粒子の大きさを均一化することの可能なレーザアブレーション装置を提供する。

【解決手段】 レーザ11でターゲット14を照射して生成されたプラズマ微粒子は、開口と開口を接続する流路を有する回転円筒によってフィルタリングされ、所定の大きさの微粒子だけが選択的に基板16に付着し、薄膜を形成する。特に中空円筒の回転中心に対称に開口を形成した場合には、2つの開口が相互に逆方向に移動するので回転円筒を高速回転させなくても小さい微粒子だけを選択的に通過させることができる。

図1

第1の発明に係るアブレーション装置の構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザと、

前記レーザによって照射されるターゲットと、
前記レーザによる照射によって前記ターゲットから発生する微粒子が付着する基板と、

前記ターゲットと前記基板の間に設置され、微粒子流路に直交する回転軸を有し、周上に少なくとも 1 つの開口が形成され、内部に該開口に接続する空間を具備する回転円筒と、

前記回転円筒を回転駆動する駆動装置を具備するレーザアブレーション装置。

【請求項 2】 前記回転円筒が中空円筒であり、前記開

$$L_{\min} \leq L \leq L_{\max}$$

ただし、

$$L_{\min} = 2r\theta / (\pi - 2\theta) - d$$

$$L_{\max} = 2r(\pi - \theta) / (\pi + 2\theta) - d$$

$$d \geq r\theta / \pi$$

【数 2】

$$v_{\min} \geq 2\pi\omega(r+d)/\theta$$

【請求項 5】 前記開口が、前記回転円筒の周上に等間隔に奇数個形成される請求項 2 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 6】 前記回転円筒が中空円筒であり、前記開口を接続する流路が前記回転円筒を貫通する流路である請求項 1 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 7】 前記貫通流路が、前記回転軸に対称に少なくとも 1 本穿孔される請求項 6 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 8】 前記貫通流路が、前記回転軸に非対称に少なくとも 1 本穿孔される請求項 6 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 9】 前記レーザの前記ターゲット照射タイミングと前記ターゲットに対向する回転円筒の開口が前記ターゲット上を通過するタイミングを同期させる同期装置をさらに具備する請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 10】 前記レーザと前記ターゲットの間のレーザ光路に設置され、前記レーザの前記ターゲット照射タイミングに同期して開となるシャッタ装置をさらに具備する請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 11】 前記ターゲットと前記回転円筒の間の微粒子流路にそって設置され、微粒子の速度を制御する速度制御装置をさらに具備する請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載のレーザアブレーション装置。

口に接続する空間が前記回転円筒の中空部分である請求項 1 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 3】 前記開口が、前記回転円筒の周上に等間隔に偶数個形成される請求項 2 に記載のレーザアブレーション装置。

【請求項 4】 前記回転円筒が、前記回転円筒の周上に等間隔に 2 個形成された開口を有し、前記ターゲットからの距離 L が【数 1】の範囲に配置され、前記ターゲットから発生する微粒子のうち、【数 2】で定まる最小貫通速度 v_{\min} 以下の速度の微粒子を捕捉するものである請求項 2 に記載のレーザアブレーション装置。

【数 1】

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザアブレーション装置に係り、特に、基板表面に形成される薄膜を均一化することの可能なレーザアブレーション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザアブレーション法は、ターゲットをレーザで照射して高温励起してプラズマ状態とし基板表面に薄膜を形成する技術である。

【0003】レーザアブレーション法は、ターゲット材料がプラズマ微粒子化されているため、反応性が高く、基板が比較的低い温度であっても良質な薄膜を形成することが可能である。

【0004】しかし、プラズマ微粒子の中には成膜に適さない大きさ及び速度の微粒子も含まれる。この微粒子はデブリと呼ばれるが、他の微粒子と同じ流路を通過するため基板に付着することを回避することは困難であった。

【0005】さらに、レーザにより励起された微粒子は必ずしも均一な大きさではないため、被膜の厚さ、密度等で評価される被膜品質を均一に保持することも困難であった。

【0006】上記課題を解決するために、ターゲットと基板の間の微粒子流路に機械的フィルタを配置し、不必要な微粒子であるデブリを除去するとともに、基板に付着するターゲットのプラズマを均一とすることが提案されている。

【0007】例えば、特開平 10-30168 号公報に

は、プラズマ流路にスリットが形成された円盤を配置し、円盤を回転することによりデブリを除去してプラズマの均一化を達成する技術が開示されている。

【0008】さらに、特開平10-30169号公報には、プラズマ流路に振り羽根を有する羽根車を配置し、羽根車を回転することによりデブリを除去してプラズマの均一化を達成する技術が開示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、スリット円盤を使用する場合には、円盤中心からの距離によってスリットがプラズマを切る速度が異なるため、基板に到達するプラズマの大きさの均一化には限界が生じるだけでなく、小さいプラズマ（高速のプラズマ）を選択するためには円盤を高速で回転させる必要があるため、駆動機構の制約も生じる。

【0010】また、羽根車を使用する場合には、羽根を振ることによりプラズマを切る速度をほぼ一定に維持できるものの、羽根車の製作が困難かつ高価となるだけでなく羽根車の質量が増加するので高速回転させるための回転機構の制約は却って厳しくなる。

【0011】本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、基板表面に付着する微粒子の大きさを均一化することの可能なレーザアブレーション装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係るレーザアブレーション装置は、レーザと、レーザによって照射されるターゲットと、レーザによる照射によってターゲットから発生する微粒子が付着する基板と、ターゲットと基板の間に設置されプラズマ流路に直交する回転軸を有し周上に少なくとも1つの開口が形成され内部に開口に接続する空間を具備する回転円筒と、回転円筒を回転駆動する駆動装置を具備する。

【0013】本発明にあつては、ターゲットから発生した微粒子を回転円筒の開口及び流路を通過させることにより、所定の速度の微粒子が選択的に基板に付着する。

【0014】第2の発明に係るレーザアブレーション装置は、レーザのターゲット照射タイミングとターゲットに対向する回転円筒の開口がターゲット上を通過するタイミングを同期させる同期装置をさらに具備する。

【0015】本発明にあつては、ターゲットに対向する回転円筒の開口がターゲット上の所定位置を通過するタイミングでレーザによりターゲットが照射される。

【0016】第3の発明に係るレーザアブレーション装置は、レーザとターゲットの間のレーザ光路に設置されレーザのターゲット照射タイミングに同期して開となるシャッタ装置をさらに具備する。

【0017】本発明にあつては、レーザとターゲットの間のレーザ光路に設置されたシャッタ装置がターゲット照射タイミングに同期して開となる。

【0018】第4の発明に係るレーザアブレーション装置は、ターゲットと回転円筒の間の微粒子流路にそって設置され微粒子の速度を制御する速度制御装置をさらに具備する。

【0019】本発明にあつては、速度制御装置によって微粒子の速度が制御される。

【0020】

【発明の実施の形態】図1は第1の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図であつて、このレーザアブレーション装置1はレーザ11、レンズ系12、真空チャンバ13、並びに、この真空チャンバ13内に収納されるターゲット14、少なくとも1つのスリットが形成された回転円筒15、及び基板16を具備する。

【0021】なお、本構成ではレーザ11及びレンズ系12は真空チャンバ13の外部に配置されているため、真空チャンバ13のレーザ光が通過する部分には透明窓が設置される。また、レーザ11及びレンズ系12を真空チャンバ13内に配置することも可能である。

【0022】即ち、レーザ11から放射されるレーザ光線は、レンズ系12でターゲット14上に焦点を結ぶように集光されて、ターゲット14を照射し、ターゲット材料のプラズマ微粒子を発生する。

【0023】プラズマ微粒子は、回転円筒15によってフィルタリングされ、所定のエネルギー（所定の速度）を有する微粒子が基板16に付着し、基板16の表面に薄膜を形成する。なお、回転円筒15は図示しない駆動装置によって、所定の回転速度で回転駆動される。

【0024】本発明に係るレーザアブレーション装置にあつては、回転円筒15に形成される開口及び流路の数及び形状を選択することにより、基板16に付着する微粒子のエネルギーを選択することが可能となる。

【0025】図2は第1の回転円筒の水平断面図であつて、中空回転円筒の中心に関する対称位置に2つの開口を形成した場合を示す。従つて第1の回転円筒にあつては、回転円筒15の中空部分が開口を接続する流路となる。

【0026】図3は第1の回転円筒の展開図であつて、回転円筒を無限平板に展開した水平断面図である。図3は回転中心を通る微粒子流路をX軸とし、それに垂直な軸をY軸としている。なお、矢印は平板の移動方向を示す。

【0027】開口角度を 2θ （ラジアン）、回転円筒15の回転角速度を ω （ラジアン/秒）とすると、開口が θ だけ回転するのに要する時間 T （秒）は【数3】となる。

【0028】

【数3】

$$T = \theta / (2\pi\omega)$$

【0029】よつて、ターゲット14から発生した微粒

子が回転円筒15の厚さ d （メートル）の壁を通過するときの微粒子の速度 v_d （メートル／秒）は〔数4〕となる。

【0030】

〔数4〕

$$v_d = d / T = (2 \pi \omega d) / \theta$$

【0031】即ち、微粒子の速度が v_d 以上であれば微粒子は回転円筒15の内部に進行することが可能である。

【0032】そして、回転円筒15の内部に侵入した微粒子が $(2r)$ 進んで反対側に到達したときに開口がなければ、微粒子は回転円筒15の内部で阻止され、微粒子が基板16に到達することはない。

【0033】よって、微粒子の速度 v_d が $(2r\omega)$ 以上であるとき、即ち、微粒子の軌跡が図3の破線（イ）より緩やかな勾配を有するときは、低速の微粒子が基板16に到達することを防止することができる。ここで、微粒子の軌跡が破線（イ）より緩やかな勾配を有する条件は〔数5〕で表される。

【0034】

〔数5〕

$$v_d \geq 2 r \omega$$

【0035】よって、回転円筒15の厚さ d を〔数6〕によって決定することにより、低速の微粒子（即ち大きい粒子）を除去することが可能となる。

$$y = 4 \pi \omega r / (\pi - 2 \theta) (x - 1 / 4 \omega)$$

【0043】よって、直線（ロ）のY切片の座標 Y_c は〔数8〕となる。

【0044】

〔数8〕

$$Y_c = -\pi r / (\pi - 2 \theta)$$

【0045】回転円筒15の外周とターゲット14の間の距離を L （メートル）とすると、ターゲット14のY座標 $[-(r+d+L)]$ が Y_c より小さくなる条件から、 L の最小値 L_{min} が〔数9〕により定まる。

$$L_{max} = 2 r (\pi - \theta) / (\pi + 2 \theta) - d$$

【0049】さらに、ターゲットから発生した微粒子がそのまま回転円筒15を貫通して基板16に到達するためには、微粒子は直線（ニ）及び（ホ）の間に存在する必要があることから、回転円筒15を貫通する微粒子の最小貫通速度 v_{min} は直線（ニ）及び（ホ）の傾きとして〔数11〕で決定される。

【0050】

〔数11〕

【0036】

〔数6〕

$$d \geq r \cdot \theta / \pi$$

【0037】例えば、回転円筒15の半径を0.1（メートル）とすれば、 $d \geq 0.017$ （メートル） $= 1.7$ （センチメートル）とすればよい。

【0038】また、ターゲット14の設置位置について検討すると、ターゲット14がY軸上の破線（ハ）とY軸の交点Bより上方にあれば、微粒子は直ちに回転円筒15の開口を通過し、回転円筒15が半回転している間に回転円筒15の内部を進行し、基板側の開口を通過して基板16に到達する。

【0039】さらに、ターゲット14がY軸上の破線（ロ）とY軸の交点Cより下方にあれば、微粒子は回転円筒15が半回転する間に回転円筒15の外周に到達して回転円筒15の開口を通過し、回転円筒15が半回転している間に回転円筒15の内部を進行し、基板側の開口を通過して基板16に到達する。

【0040】逆にいえば、ターゲット14が点Bと点Cの間に配置すれば、ある速度以下の微粒子を回転円筒15で捕捉することができる。

【0041】即ち、直線（ロ）の方程式は〔数7〕で表される。

【0042】

〔数7〕

【0046】

〔数9〕

$$L_{min} = 2 r \theta / (\pi - 2 \theta) - d$$

【0047】同様に直線（ハ）の方程式のY切片がターゲット14のY座標 $[-(r+d+L)]$ より大きくなる条件から、 L の最大値 L_{max} が〔数10〕により定まる。

【0048】

〔数10〕

$$v_{min} = (r + d) / T \\ = 2 \pi \omega (r + d) / \theta$$

【0051】以上はスリットを、回転円筒15の中心に関する対称位置2つ穿孔した場合について説明したが、回転円筒15に1つ穿孔してもよい。この場合は、ターゲット14から発生した微粒子中の速度の遅い成分の一部が、回転円筒15の1/2回転後に同じ孔を通過して基板16に到達する。なお、通過可能な微粒子の速度 V

は【数12】で表される。

【0052】

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$$

ただし、

$$V_{\min} = 4\pi\omega(r+d) / (\pi+2\theta)$$

$$V_{\max} = 4\pi\omega r / (\pi-2\theta)$$

【0053】また、回転円筒15の中心に関する対称位置に4以上の複数個穿孔してもよい。この場合は、ターゲット14から発生する微粒子を基板16に効率よく付着させることが可能となるものの、速度の遅い（即ち大粒の）微粒子が回転円筒15を貫通して基板16に到達する可能性が大きくなる。

【0054】図4は第2の回転円筒の水平断面図であって、中空の回転円筒15の円周に等間隔に奇数（例えば3個）のスリットが形成されている。

【0055】スリットを奇数個形成した場合には、開口の幅及び個数、回転円筒15の回転数、並びにターゲットの位置から定まる回転上限速度以下かつ下限速度以上の微粒子を選択的に通過させることが可能となる。

【0056】上記の実施例においては回転円筒15に形成されたスリットを矩形としているが、丸孔であってもよい。

【0057】図5は第3の回転円筒の正面図及び水平断面図であって、(a)～(d)の4つの実施例を示す。

【0058】即ち、(a)及び(b)は中実円筒に回転軸に対称に1個の孔を穿孔したものである。なお、

(a)は孔が円形である場合を示し、(b)は孔が矩形である場合を示す。(c)は中実円筒に回転軸に対称に

$$V_{\max} = L / \{ (\theta_A - \theta_w) / 2\pi\omega \}$$

$$= 2\pi\omega L / (\theta_A - \theta_w)$$

ただし、

$$\theta_A \geq \theta_w$$

【0065】なお、 θ_A を変更すれば上限速度を変更することが可能となり、 ω を変更すれば上限速度及び下限速度を変更することが可能となる。

【0066】上記の説明においては、レーザ10はターゲット14を連続照射するものとしているが、回転円筒15のスリットがターゲット14と正対していないときにはターゲット14から発生した微粒子は回転円筒15の円周表面に付着し、基板16に到達することはない。

【0067】即ち、回転円筒15のスリットがターゲット14と正対していないときも含んでレーザ11を連続的に放射することは、無駄に微粒子を生成することとなるだけでなく、レーザ11の寿命を短縮することにもなる。

【0068】図6は第2の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図であって、上記課題を解決ために、回転円筒15のスリットがターゲット14と正対しているときにレーザ15を放射する、即ち回転円筒の回転に同期してレーザ11を間歇的に放射するための同期装置6を具備する。

【数12】

複数の孔を穿孔した場合を示す。

【0059】そして、(a)～(c)の3例は、所定速度以上の微粒子を通過させるハイパスフィルタとして機能する。

【0060】(d)は(c)の構成で、ターゲット14と開口が正対する前にレーザパルスを放射して、下限速度以上上限速度以下の微粒子を通過させるためのバンドパスフィルタとして機能させる場合を示す。

【0061】この場合、下限速度 V_{\min} は回転円筒が $2\theta_w$ 回転する間に、微粒子が $2r$ 進む速度として【数13】で定義される。

【0062】

【数13】

$$V_{\min} = 2r / (2\theta_w / 2\pi\omega)$$

$$= 2\pi r \omega / \theta_w$$

【0063】また、上限速度 V_{\max} は回転円筒が $(\theta_A - \theta_w)$ 回転する間に、微粒子が L 進む速度として【数14】で定義される。

【0064】

【数14】

【0069】このとき、レーザの放射タイミングを開口とターゲットが正対するタイミングからずらすことにより、非常に高速の微粒子を回転円筒の外壁又は内壁で阻止し、通過する微粒子の平均速度を調整することができる。

【0070】また、ずれ量を調整することにより同一基板上に粒子の大きさの相違する膜を積層することも可能となる。

【0071】また、上記説明においては、ターゲット1

4から発生した微粒子は全て回転円筒15に向かって飛翔するとしたが、実際には微粒子は照射点を中心とする半球状の飛翔する。この結果微粒子がレーザ11の方向にも飛翔し、レーザ11とターゲット14の間に存在するレンズ系12（真空チャンバ13に設けられた透明窓を含む）に付着し、レーザ11によるターゲット14の照射を阻害するおそれもある。

【0072】そこで、レーザ11とターゲット14の間にシャッタ装置を設置し、レーザ11の動作タイミングでシャッタ装置を開とし、その他のタイミングではシャッタ装置を閉とすることが望ましい。

【0073】図7は第3の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図であって、真空チャンバ13の内部のレーザ10とターゲット14の間の光路上にシャッタ装置7が設置されている。

【0074】シャッタ装置7は、レーザ光が照射されるタイミングで開となり、その他のタイミングでは閉なるものであれば特に構造は限定されないが、例えばレーザ光が通過する孔が穿孔された回転円盤とし、レーザ光を照射するタイミングで孔が光路を通過するように回転円盤を駆動するものであってもよい。

【0075】図8は第4の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図であって、ターゲット14と回転円筒15の間の微粒子飛翔路に静電力又は磁力によって微粒子の速度を制御するための速度制御装置8を設置する。

【0076】速度制御装置8によって微粒子を加速した場合には、粒子系の大きい微粒子（即ち質量の大きい微粒子）であっても回転円筒を通過させることが可能となる。

【0077】速度制御装置8によって微粒子を減速した場合には、微粒子の速度を所定速度以下に制限することが可能となり、回転円筒により所定速度以上の微粒子を選択すれば、バンドパスフィルタとして機能させることができる。

【0078】

【発明の効果】第1の発明に係るレーザアブレーション装置によれば、回転円筒の周上に形成された開口は回転軸に関して逆向きに移動するため、回転円筒の回転速度

が低速であっても、高速の微粒子を基板に付着させることができる。

【0079】第2の発明に係るレーザアブレーション装置によれば、無駄な微粒子の発生を抑制できるとともに、レーザの運転寿命を延長することが可能となる。

【0080】またレーザ放射タイミングと開口とターゲットが正対するタイミングをずらすことにより、成膜を形成する微粒子の大きさを正確に制御することも可能となる。

【0081】第3の発明に係るレーザアブレーション装置によれば、ターゲットから発生する微粒子によるレーザ光の光路の汚染を抑制することが可能となる。

【0082】第4の発明に係るレーザアブレーション装置によれば、ターゲットから発生する微粒子の速度を制御することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図である。

【図2】第1の回転円筒の水平断面図である。

【図3】第1の回転円筒の展開図である。

【図4】第2の回転円筒の水平断面図である。

【図5】第3の回転円筒の水平断面図である。

【図6】第2の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図である。

【図7】第3の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図である。

【図8】第4の発明に係るレーザアブレーション装置の構成図である。

【符号の説明】

10…レーザ

11…レンズ

13…チャンバ

14…ターゲット

15…回転円筒

16…基板

6…同期装置

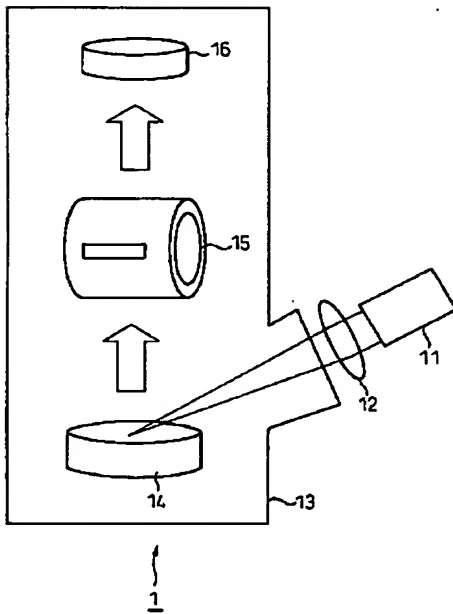
7…シャッタ装置

8…速度制御装置

【図1】

図1

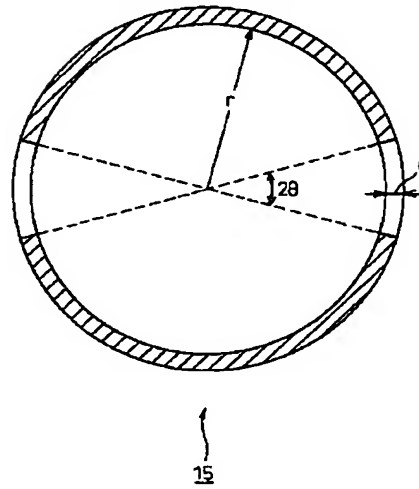
第1の発明に係るアブレーション装置の構成図



【図2】

図2

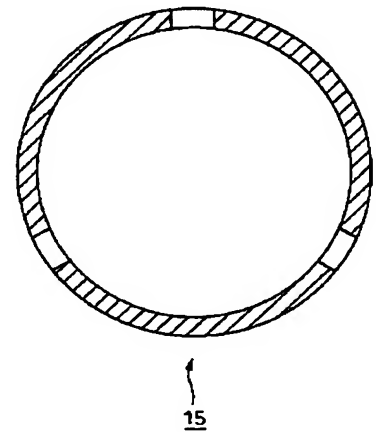
第1の回転円筒の水平断面図



【図4】

図4

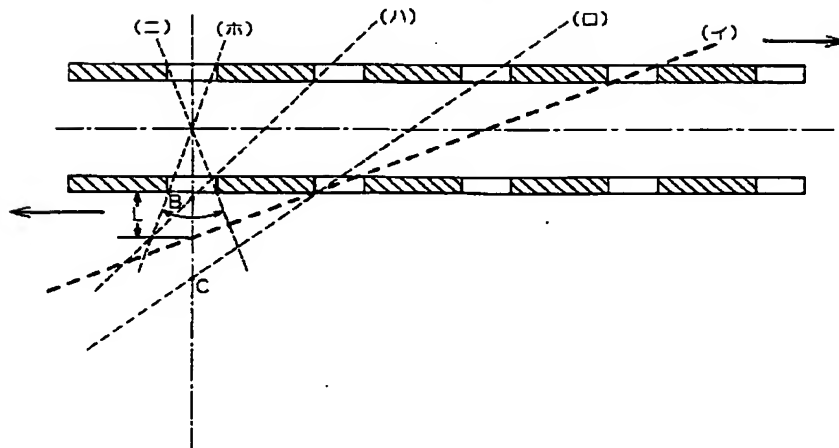
第2の回転円筒の水平断面図



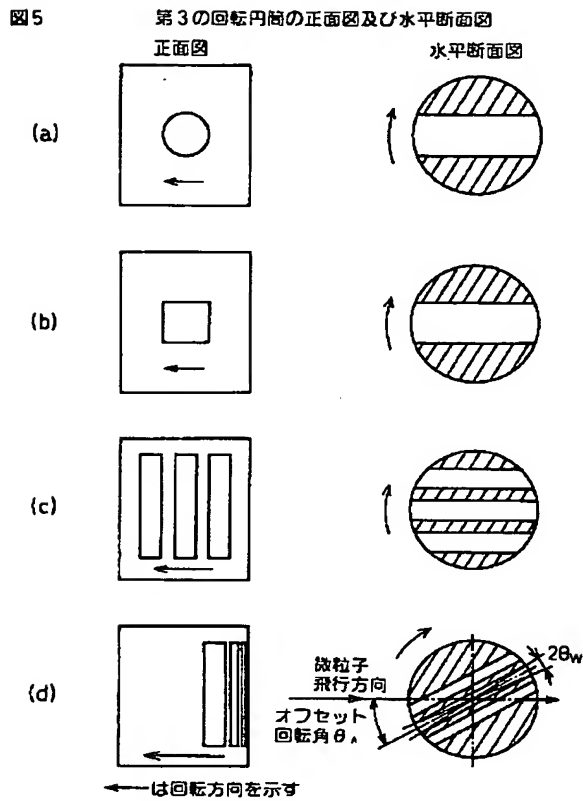
【図3】

第1の回転円筒の展開図

図3

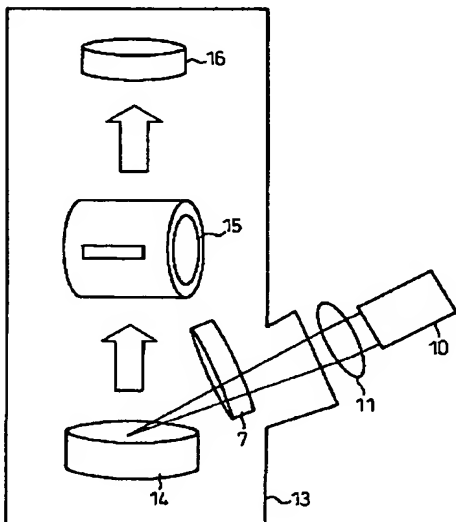


【図5】



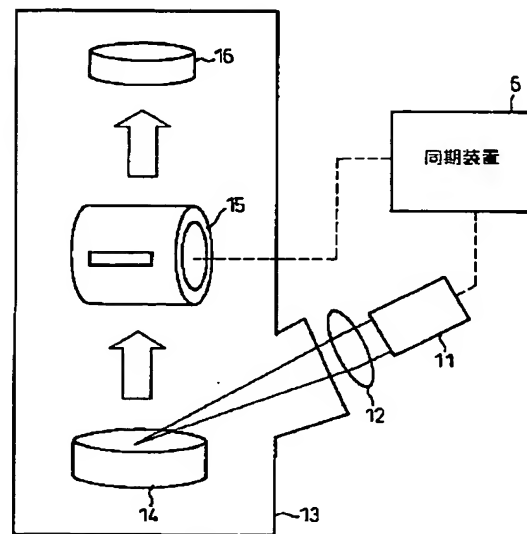
【図7】

図7 第3の発明に係るレーザーアブレーション装置の構成図



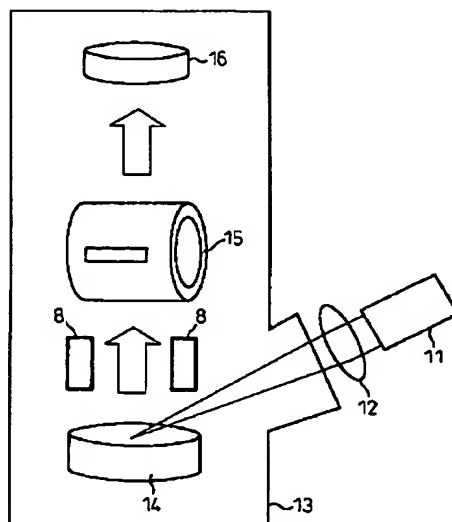
【図6】

図6 第2の発明に係るレーザーアブレーション装置の構成図



【図8】

図8 第4の発明に係るレーザーアブレーション装置の構成図



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 典夫
神奈川県鎌倉市上町屋345番地 三菱プレ
シジョン株式会社内

(72)発明者 高木 博
神奈川県鎌倉市上町屋345番地 三菱プレ
シジョン株式会社内
Fターム(参考) 4K029 DA12 DB20 EA00